云 南 植 物 研 究 ACTA BOTANICA YUNNANICA
2卷，2期，1980年5月，194—201页 Vol.2, No.2, May, 1980, p.194—201

不同光质对稻苗生长的效应*

倪 文

（中国科学院昆明植物研究所）

不同光质对高等植物生长的影响，曾有过不少报道〔1,2,3,4〕。植田〔5,6〕用不同颜色的玻璃对稻苗生长作过实验观察，发现在单色光中以橙色光对稻苗最有效，其次是蓝光；而红光、绿光和紫色光对稻苗生长没有效果。近来，原城隆·西川〔7,8,9〕采用红、绿、蓝、紫和无色等不同颜色的塑料薄膜，在保持透过单色光能量一致的条件下培育稻苗，结果表明：在红色薄膜下能促进稻苗伸长生长，而在绿色、紫色或在蓝色薄膜下伸长被抑制。作为稻苗素质指标之一的茎叶重/株高比，在蓝薄膜下生长的稻苗比值高，红薄膜下生长的稻苗比值低。他们在室外生长箱内培育稻苗13天后揭掉薄膜解除光处理后测定稻苗的表观光合强度以蓝薄膜下生长的稻苗为高。但是，这里必须指出：他们的光处理实验是保持在平均光的辐射量为363卡/厘米^2·日下进行的，而且又是透过各色薄膜内的辐射量保持大致相等的条件下得出的结果。至于在昆明自然光照条件下，水稻育苗期间太阳辐射量平均有447卡/厘米^2·日的条件下其效果如何呢？尤其当阳光透过各种有色薄膜辐射量很不一致的情况下其结果又如何？

针对上述问题，结合自然特点和我国当前薄膜育秧的实际，在前人研究的基础上，探讨了自然光照透过不同颜色薄膜，光质对稻苗生长的影响，并分析了稻苗的素质及其光合生理性状。

材 料 与 方 法

（一）实验材料

1.供试水稻品种用昆明“植选0090”，种子播种前用0.1%氯化汞消毒2小时，再用自来水和蒸馏水把种子冲洗干净，然后放入烧杯内置于25±0.5°C恒温箱中催芽，当胚芽鞘刚露白尖时即播种于30厘米×20厘米×5厘米的瓷盘中，内盛稻田土。每盘播种约10克（合每亩播种量约250市斤）。

2.实验的单色光系用上海产的有色透明的聚酯薄膜（Polyester Film，俗称涤纶纸），颜色分为红、黄、蓝和无色（透明）四种，并以无色为对照。经用岛津UV-210A

* 本工作得到本所王华、李黎等同志协助。

型双光束分光光度计测定，红色薄膜透过的红光光谱波长为600—760 nm；黄色薄膜透过的黄光波长为525—600nm；蓝色薄膜透过的蓝光波长350—450 nm。

（二）实验方法

1.光质处理时，在播种盘上设置薄膜覆盖罩子，覆盖后将播种盘置于自然光照下培育，自然光照日平均的太阳辐射量约为447卡/厘米²·日，当太阳光透过各色薄膜的光辐射量的白天变化如表1。

表1. 太阳透过有色薄膜辐射能量的日变化　　（1979年3月3日晴天测定）

光质 \ 时间	辐射能量毫卡/厘米²·分											平均	日累计 (卡/厘米²·日)	日平均相对值
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
自然光照	48	400	690	820	1100	1180	1070	1000	820	700	380	746	447	100
红　光	37	250	490	600	820	890	800	710	620	500	190	567	340	76
黄　光	45	300	580	700	950	1030	950	830	780	520	210	627	376	81
蓝　光	30	200	410	500	700	760	700	620	530	420	190	460	276	61
无　色	37	300	590	720	1000	1080	1000	900	770	600	300	663	397	86

另外，为了探索不同光量下不同光质对稻苗生长的影响，设置了人工控制条件，人工控制的光照室内100W日光灯6根，60W日光灯5根，合计900W，最高光量为75毫卡/厘米²·分，最低为14毫卡/厘米²·分等五种不同的光照强度。本实验光照处理每天为10小时，自照光照条件下每天平均为26—28°C；室内培育时温度保持在27±1°C。培育12天的稻苗，苗高约14厘米，根长约12厘米，具三片真叶时揭膜并选用这种稻苗测定或移栽。

2.叶绿素含量的测定　按照 Arnon 的方法测定和计算[10]。

3.碳水化合物含量的测定　按照 Somogyi 法测定可溶性糖[11]；Mecredy 法测定淀粉[12]；Yenan 法测定纤维素[13]。

4.表观光合强度、光呼吸强度与 CO_2 补偿点的测定　用国产广东佛山分析仪器厂产的红外线 CO_2 分析仪（型号FQ-W-CO2）测定。

实验结果

一、光质与稻苗生长的关系

1.培育12天稻苗的素质

水稻播种后置于自然光照条件下，在红色薄膜的红光下培育稻苗，伸长生长迅速，叶片薄，稻苗细长，茎叶重/株高比值小。在蓝薄膜的蓝光下培育的稻苗，伸长明显受到抑制，稻苗矮短，叶片厚实，因而茎叶重/株高比值大，从群体稻苗株高的整齐度调查指出，以蓝光处理为高，其次是黄光与无色（对照）；红光处理最低，（表2）。

表2.　不同光质下培育12天稻苗的素质

光质	地上部生长					地下部生长			平均单苗干重（毫克/株）	100株稻苗地上部株高的整齐度*（%）
	稻苗株高（厘米）	稻苗干重（毫克/株）	干重/株高	30株稻苗叶面积（厘米²）	叶片充实厚度（毫克干重/厘米²）	稻苗根长度（厘米）	稻苗根干重（毫克/株）	根干重/根长度		
红光	17.9	11.5	0.64	174	1.56	31.2	6.0	0.19	17.5	40.0
黄光	15.9	11.6	0.72	175	1.96	29.1	6.0	0.20	17.6	48.0
蓝光	13.6	10.5	0.83	180	2.49	32.5	6.1	0.19	16.6	60.0
无色	14.0	11.3	0.80	173	2.04	26.1	6.2	0.22	17.5	48.0

*　稻苗株高整齐度（%）＝ $\frac{\text{调查稻苗中平均高度}\pm 1\text{厘米范围的苗数}}{\text{调查的稻苗数}}\times 100$

2.培育12天稻苗在本田的初期生长表现

把不同光质下培育12天的稻苗移栽于本田后生育初期的生育调查表明：蓝光下培育的稻苗栽插后返青快，分蘖早，单苗分蘖力高（表3）

表3.　不同光质下培育12天的稻苗移栽于本田后的分蘖数

光质	插秧后返青天数（日）	移栽于本田后的单苗分蘖数		
		0　天	30　天	50　天
红光	9	1.0	2.5	4.3
黄光	7	1.0	2.0	3.3
蓝光	4	1.0	2.8	5.5
无色	8	1.0	2.3	3.8

二、光质与稻苗叶绿素含量的关系

1.叶绿素的形成及其含量

将种子播种后先置于27±0.5°C的黑暗温箱中培养成黄化幼苗后，再移于不同光质下培育，按不同培育天数测定其叶绿素含量，结果如表4。在蓝光下培育的稻苗叶绿素含量高于其它光质下培育的稻苗，尤其是叶绿素a的含量较为明显。

表4.　不同光质对黄化幼苗恢复叶绿素的能力*

光质	光照2天			光照4天			光照8天		
	叶绿素a	叶绿素b	a＋b	叶绿素a	叶绿素b	a＋b	叶绿素a	叶绿素b	a＋b
红光	0.343	0.229	0.572	0.510	0.304	0.814	0.469	0.320	0.789
黄光	0.344	0.223	0.567	0.576	0.415	0.991	0.600	0.381	0.987
蓝光	0.413	0.273	0.686	0.657	0.430	1.087	0.718	0.522	1.240
无色	0.337	0.209	0.546	0.516	0.340	0.856	0.608	0.378	0.986

*　叶绿素含量：毫克/克鲜重；光照时光量为52毫卡/厘米²·分，每天光照10小时。

在8万勒克斯光照下测定呼吸与 CO_2 补偿点表明，蓝光培育的稻苗光呼吸最低，红光培育的稻苗光呼吸最高，无色（对照）培育的稻苗仅次于红光下的稻苗。CO_2 补偿点（PPM）红光培育的稻苗与无色（对照）培育的稻苗明显高于蓝光培育的稻苗。（表8）

表8. 不同光质培育12天稻苗的光呼吸与 CO_2 补偿点的相对比值*

光质	光呼吸作用强度	CO_2 补偿点
红光	105	113
蓝光	66	48
无色	100	100

* 测定时光强度为8万勒克斯；温度32±1℃，每盘稻苗150苗为单位，以无色对照为100相比较。光呼吸作用强度的测定：在光下通入无 CO_2 气体而测得的 CO_2 量即为光呼吸量。

四、光质对稻苗碳水化合物含量的影响

糖、淀粉和纤维素等碳水化合物含量的多少，常作为衡量稻苗壮弱的生理指标之一，碳水化合物含量多有助于根和分蘖的发生。从表9可以看出，不同光量下生长的稻苗，碳水化合物累积含量随光量的下降而减少，其中减少较多的是淀粉与纤维素含量，可溶性糖含量变化不大。不同光质中以蓝光培育的稻苗碳水化合物累积含量为最多，其次是红光培育的稻苗，无色与黄光培育的稻苗累积含量较少。光量降至12毫卡/厘米²·分时，光质之间的差别变得不明显。

表9. 不同光量、不同光质培育12天稻苗的碳水化合物含量（干重%）

光量	60毫卡/厘米²·分				28毫卡/厘米²·分				12毫卡/厘米²·分			
光质	可溶性糖	淀粉	纤维素	总碳水化合物	可溶性糖	淀粉	纤维素	总碳水化合物	可溶性糖	淀粉	纤维素	总碳水化合物
红光	10.4	25.7	30.0	66.1	12.1	7.7	16.6	36.4	10.4	5.0	13.4	28.8
黄光	10.6	22.9	28.9	62.4	13.2	7.0	17.0	37.2	9.1	4.5	14.8	28.4
蓝光	11.1	27.7	30.6	69.4	13.2	8.8	18.0	40.0	11.7	5.2	14.8	31.7
无色	10.2	29.0	25.4	64.6	12.8	7.9	15.6	36.3	10.4	4.5	15.2	30.1

讨 论

本实验所用的红、黄、蓝和无色四种不同颜色的透明聚酯薄膜过滤日光，在红、黄、蓝和无色四种不同波长的单色光下培育稻苗，红光之所以能促进稻苗的伸长生长，造成稻苗徒长细弱，据 Hillman 与 Galston[15] 的分析认为IAA氧化酶活性是受红光所抑制，而蓝光之所以能起到抑制稻苗伸长生长的作用因蓝光能促进IAA氧化酶活性。

Chhabra 与 Malik[16] 又进一步发现红光只会增加过氧化物酶和苹果酸脱氢酶活性以及 IAA 的增加。

光质对稻苗叶绿素的形成与含量，Sayre[2]最早从叶色上看认为红光最有效，其次才是蓝光与绿光。后来，植田[5]观察到蓝光促使稻苗叶色变深比红光更明显。Inada[17]，原城隆·西川[7] 等进一步证明：在蓝光与绿光下培育的水稻比红光与橙光下培育的水稻叶绿素含量高，类胡萝卜素亦具有同样的趋势。本实验结果表明，叶绿素的形成与含量，尤其是叶绿素 a 的含量以蓝光较为有效。

光质与光合作用的关系，虽然有不少人做过这方面的工作，但都没有取得完全相一致的结果。正如 Gabrielsen[18] 早期指出过的那样，因叶绿素水平不同测得的结果亦往往不同。本实验表明蓝光培育的稻苗在解除光处理后表观光合强度高于红光、无色(光)培育的稻苗。而光呼吸与 CO_2 补偿点则以红光培育的稻苗最高，无色(光) 培育的稻苗次之，蓝光培育的稻苗最低。观察可见，采用蓝光培育的稻苗叶片厚实，叶绿素含量高，尤其是叶绿素 a 含量高，因此，它能充分地利用 CO_2， 有效地进行光合作用，提高表观光合强度。

光质对植物碳水化合物的形成与积累，据 Voskresenskaya[19] 根据在向日葵与玉米上的实验结果认为蓝光下形成蛋白质较多，碳水化合物较少，而红光下情况正相反。Das 与 Raju[20] 用籼稻做实验观察到蓝光能促进蛋白质与非碳水化合物的积累。但是，Horvath 与 Feher[21] 用菜豆 (Phaseolus vugaris) 的茎曝露于绿光下观察到促进了碳水化合物的合成。原城隆·西川[7] 在分析有效碳水化合物总量时得到以红光培育的稻苗为最高，其次是无色（光）与蓝光培育的稻苗。而本实验是以蓝光培育的稻苗能形成累积较多的碳水化合物，尤其能累积较多的淀粉和纤维素。无疑光质对碳水化合物的形成与累积的影响是比较复杂的一个问题，它往往与所用的植物材料、叶绿素含量、表观光合强度、光呼吸等均有密切的关系。

参考文献

(1) Popp, H. W., 1926: Effact of light intensity on growth of Soybeans and its relation to the Autocatalyst theory of growth. Bot. Gaz., 82: 306—319.

(2) Sayre, J. D., 1928: The development of Chlorophyll in seedling in different ranges of wave length of light. Plant Physiology, 3: 71—77.

(3) Withrow, R. B., W. H. Klein, L. Price and V. Elstad., 1953: Influence of Visible and Near infrared radiant energy on Organ development and pigment synthesis in bean and corn. Plant Physiology, 28: 1—14.

(4) Wassiak, E. C., J. A. J. Stolwijk., 1956: Effect of light quality on Plant growth. Ann. Rev. Plant physiol. 7: 373—400.

(5) Ueda(植田), S., 1934: Effect of monochromatic light on the growth of rice plant (in Japanese). Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 6(4): 411—427.

(6) Ueda(植田), S., 1935: Effect of monochromatic light on the growth of rice plant (in

Japanese). Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 7(2): 223—238.

(7) Haraki(原城隆), T., and Nishikawa(西川), H., 1976: Growth responses of rice seedlings to light wavelengths. 1. Growth of seedlings exposed to various light wavelengths and variations caused by differend growing conditions. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 45(3): 409—415.

(8) Haraki(原城隆), T., and Nishikawa (西川), H., 1976: Growth responses of rice seedlings to light wavelengths. 2. Effect of light wavelength on chlorosis of seedlings. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 45(3): 416—421.

(9) Haraki(原城隆), T., and Nishikawa(西川), H., 1976: Growth responses of rice seedlings *to light wavelengths. 3. Effect of varous light treatments in the nursery stage on the growth* during the early stage after transplanting. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 45(3): 422—428.

(10) Arnon, D., 1949: Copper enzymes in isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 7—15.

(11) Somogyi, M., 1945: A new reagent for the determination of Sugars. J. Biol. Chem. 61: 160.

(12) Mecredy, R. M. et al., 1950: Determination of Starch and Amylas in vegetables application to Peas. Analytic Chem. 22: 1156.

(13) Yenan and Willis, A. J., 1954: Estimation of carbohydrates in Plant extracts by anthrone. Biochem. J. 57: 508—514.

(14) Youn, K. B.(延圭复), and Ota(太田), Y., 1973: Changes in the chlorophyll content and chlorophyll retention of leaf segments according to the growth of various leaf blades in rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 42(1): 6—12.

(15) Hillman, N. S., and Galston, A. W., 1957: Inductive control of indoleacetic acid oxidase activity by Red and infared light. Plant Physiology. 32: 129—135.

(16) Chhabra, N., and Malik, C. P., 1978: Influence of spectral quality of light on pollen tube elongation in Arachis hypogea. Annuls of Botany 42(181): 1109—1118.

(17) Inada, K., 1973: Spectral dependence of growth and development of rice plant. 1. Effect of the selective removal of Spectral compoment from white light on the growth of seedlings. Proc. Crop Scie. Soc. Japan. 42(1): 67—71.

(18) Gabrielsen, E. K., 1948: Effect of different Chlorophyll concentration on Photosynthesis in foliage leaves. Physiol. Plant 1: 5—37.

(19) Voskresenskaya, N. P., 1950: The effect of the light wavelength on the synthesis of Carbohydrates and proteins in a Leaf. Dok. Akad. Naus. SSSR, 72(1): 173—176.

(20) Das, U. S. R., and P. V. Raju., 1965: Photosynthetic $C^{14}O_2$ assimilation by rice leaves and the influence of Blue light. Indian J. Plant Physiol., 8: 1—4.

(21) Horvath. I., and I. V. Feher., 1965: Influence of the Spectral composition on carbohydrate metabolism. 1. Quantity and propotion of the Carbohydrates. Acta. Bot. Acad. Hung., 11: 159—164.

EFFECT OF VARIOUS LIGHT QUALITIES ON GROWTH OF RICE SEEDLINGS

Ni Wen

(*Kunming Institute of Botany, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The experiment was carried out to study the effects of various light qualities on morphological and physiological changes of rice seedling.

Seeds of the rice variety "ZHI XUAN NO. 0090" (Oryza sativa L. Subsp Keng) were sown in the fertile soil with nearly optimum supply of water in the early growing stage. The seedlings were grown for 12 days under 10 hours continuous illumination of Red(R), Blue(B), Yellow(Y), and Colorless(L) light at the average temperature of 25—28°C.

The results obtained are as follows:

1. The plant height was remarkably enhanced by Red light but depressed by Blue or Yellow ones.

2. The Red light promotes the elongation of leaf blade and leaf sheath but Blue light inhibits them. The dry weight of plant was greater in Red light than Blue one. The thickness of leaf blade in Red light was reduced in comparation with the leaf blade in Blue light.

3. The chlorophyll content was increased by Blue light.

4. The soluble sugar, starch and cellulose contents of rice seedling were increased by Blue light. Therefore, growth of rice seedling are strongly influenced by light quality.

5. The Blue light promoted the photosynthetic activity but the photorespiration and CO_2 compensation point were increased by Red light and Colorless.

6. When the plants in the nursery stage were covered with Blue film, the number of tillers was increased until 50 days after transplanting, while Red light slightly stimulated the formation of tillers.

From these results it was suggested that the Blue light could be used to obtain sturdy rice seedlings in rice seedling beds.